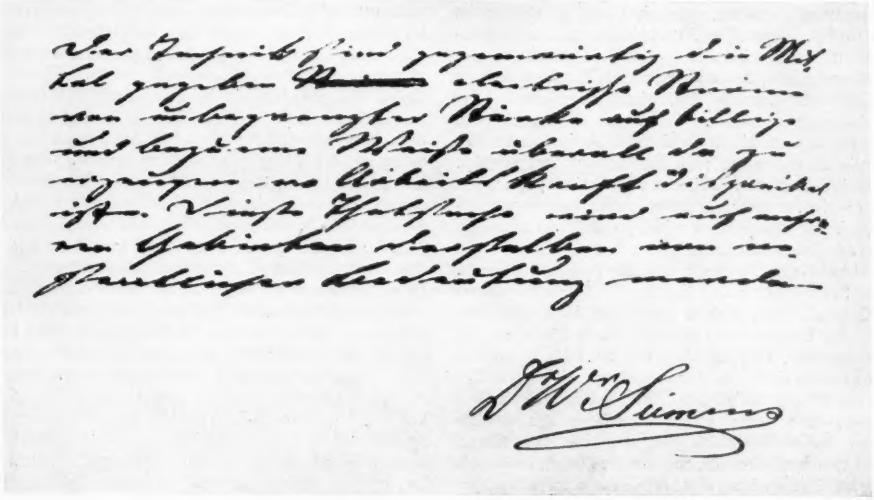
DIE NATURWISSENSCHAFTEN

30. Jahrgang | 20. März 1942 | Heft 12

„Über die Umwandlung von Arbeitskraft in elektrischen Strom ohne Anwendung permanenter Magnete."



Vor 25 Jahren hat die Zeitschrift „Die Naturwissenschaften" zum 100. Geburtstag von WERNER SIEMENS ein Sonderheft herausgegeben, in dem von hervorragenden Wissenschaftlern die Verdienste dieses großen Mannes auf den verschiedensten Gebieten seines weiten Wirkungskreises gewürdigt wurden.

Die Gründung und Förderung der Starkstromtechnik durch WERNER SIEMENS wurde von Geheimrat Professor Dr.-Ing. GÖRGES behandelt. Er schreibt unter anderem: „Höchst interessant ist es, den Gedankengang WERNER SIEMENS' zu verfolgen, weil er uns erkennen läßt, mit welcher Klarheit er schon damals die Wirkungsweise der elektrischen Maschine erkannt hatte. Er ist in der Abhandlung mit der obigen Überschrift enthalten, die der Akademie der Wissenschaften in ihrer Sitzung am 17. Januar 1867 vorgelegt wurde."

Es war eine stattliche Reihe von bedeutenden Gelehrten, die Zeugen dieses historischen Ereignisses waren, es seien nur genannt EMIL DU BOIS-REYMOND als Sekretar der Physikalisch-Mathematischen und THEODOR MOMMSEN als Sekretar der Philosophisch-Historischen Klasse, daneben die Mathematiker KUMMER und WEIERSTRASS und die Physiker KIRCHHOFF, DOVE, POGGENDORFF und viele andere. Sieben Jahre später trat WERNER SIEMENS selbst als erster Ingenieur in diesen Kreis von Auserwählten.

Die Schlußworte dieses historischen Schriftstückes — sie sind oben in WERNER SIEMENS' eigener Hand wiedergegeben — zeigen den Weitblick dieses seltenen Mannes, der sofort die ganze Tragweite der Entdeckung und ihre Bedeutung für die zukünftige Entwicklung der Technik erkannte. Im großen Gegensatz zu mehreren anderen, die gleichzeitig oder fast gleichzeitig dasselbe Gedankengut fanden, es aber nicht auszuwerten wußten.

Es gibt noch eine Reihe anderer Äußerungen von WERNER SIEMENS, aus denen diese klare Voraussicht spricht. So hatte er z. B. bereits am 4. Dezember 1866 an seinen Bruder Wilhelm nach England geschrieben: „Die Effekte müssen bei richtiger Konstruktion kolossal werden. Die Sache ist sehr ausbildungsfähig und kann eine neue Ära des Elektromagnetismus anbahnen." Und am 4. März 1867 schreibt er mit dem zuversichtlichen Stolz des Genies an Bruder Carl in Rußland: „Dieser Apparat wird den Grundstein einer großen technischen Umwälzung bilden, welche die Elektrizität auf eine höhere Rangstufe der Elementarkräfte erheben wird!"

Wir wissen heute, daß sein prophetischer Mut berechtigt war und daß sich seine Voraussage mehr als erfüllt hat. HERMANN VON SIEMENS.

Heute, da die deutsche Kulturwelt die 75. Wiederkehr jenes denkwürdigen 17. Januar begeht,

sei diese Abhandlung, die amtliche Dokumentation der bereits im Herbst des Vorjahres gemachten Entdeckung, im Wortlaut wiedergegeben:

„Wenn man zwei parallele Drähte, welche Theile des Schließungskreises einer galvanischen Kette bilden, einander nähert oder voneinander entfernt, so beobachtet man eine Schwächung oder eine Verstärkung des Stromes der Kette, je nachdem die Bewegung im Sinne der Kräfte, welche die Ströme aufeinander ausüben, oder im entgegengesetzten stattfindet. Dieselbe Erscheinung tritt in verstärktem Maaße ein, wenn man die Polenden zweier Electromagnete, deren Windungen Theile desselben Schließungskreises bilden, einander nähert oder voneinander entfernt. Wird die Richtung des Stromes in dem einen Drahte im Augenblicke der größten Annäherung und Entfernung umgekehrt, wie es bei electrodynamischen Rotationsapparaten und electromagnetischen Maschinen auf mechanischem Wege ausgeführt wird, so tritt mithin eine dauernde Verminderung der Stromstärke der Kette ein, sobald der Apparat sich in Bewegung setzt. Diese Schwächung des Stromes der Kette durch die Gegenströme, welche durch die Bewegung im Sinne der bewegenden Kräfte erzeugt werden, ist so bedeutend, daß sie den Grund bildet, warum electromagnetische Kraftmaschinen nicht mit Erfolg durch galvanische Ketten betrieben werden können. Wird eine solche Maschine durch eine äußere Arbeitskraft im entgegengesetzten Sinne gedreht, so muß der Strom der Kette dagegen durch die jetzt ihm gleich gerichteten inducirten Ströme verstärkt werden. Da diese Verstärkung des Stromes auch eine Verstärkung des Magnetismus des Electromagnetes, mithin auch eine Verstärkung des folgenden inducirten Stromes hervorbringt, so wächst der Strom der Kette in rascher Progression bis zu einer solchen Höhe, daß man sie selbst ganz ausschalten kann, ohne eine Verminderung desselben wahrzunehmen. Unterbricht man die Drehung, so verschwindet natürlich auch der Strom, und der feststehende Elektromagnet verliert seinen Magnetismus. Der geringe Grad von Magnetismus, welcher auch im weichsten Eisen stets zurückbleibt, genügt aber, um bei wieder eintretender Drehung das progressive Anwachsen des Stromes im Schließungskreise von Neuem einzuleiten. Es bedarf daher nur eines einmaligen kurzen Stromes einer Kette durch die Windungen des festen Electromagneten, um den Apparat für alle Zeit leistungsfähig zu machen. Die Richtung des Stromes, welchen der Apparat erzeugt, ist von der Polarität des rückbleibenden Magnetismus abhängig. Ändert man dieselbe vermittelst eines kurzen entgegengesetzten Stromes durch die Windung des festen Magnetes, so genügt dies, um auch allen später durch Rotation erzeugten mächtigen Strömen die umgekehrte Richtung zu geben.

Die beschriebene Wirkung muß zwar bei jeder electromagnetischen Maschine eintreten, die auf Anziehung und Abstoßung von Electromagneten begründet ist, deren Windungen Theile desselben Schließungskreises bilden, es bedarf aber doch besonderer Rücksichten zur Herstellung von solchen electrodynamischen Inductoren von großer Wirkung. Der von den commutirten, gleichgerichteten Strömen umkreiste feststehende Magnet muß eine hinreichende magnetische Trägheit haben, um auch während der Stromwechsel den in ihm erzeugten höchsten Grad des Magnetismus ungeschwächt beizubehalten, und die sich gegenüberstehenden Polflächen der beiden Magnete müssen so beschaffen sein, daß der feststehende Magnet stets durch benachbartes Eisen geschlossen bleibt, während der bewegliche sich dreht. Diese Bedingungen werden am besten durch die von mir vor längerer Zeit in Vorschlag gebrachte und seitdem von mir und Anderen vielfältig benutzte Anordnung der Magnetinductoren erfüllt. Der rotirende Electromagnet besteht bei derselben aus einem um seine Axe rotirenden Eisencylinder, welcher mit zwei gegenüberstehenden, der Axe parallel laufenden Einschnitten versehen ist, die den isolirten Umwindungsdraht aufnehmen. Die Polenden einer größeren Zahl von Stahlmagneten oder im vorliegenden Fall die Polenden des feststehenden Electromagnetes umfassen die Peripherie dieses Eisencylinders in seiner ganzen Länge mit möglichst geringem Zwischenraume.

Mit Hülfe einer derartig eingerichteten Maschine kann man, wenn die Verhältnisse der einzelnen Theile richtig bestimmt sind und der Commutator richtig eingestellt ist, bei hinlänglich schneller Drehung in geschlossenen Leitungskreisen von geringem außerwesentlichen Widerstande Ströme von solcher Stärke erzeugen, daß die Umwindungsdrähte der Electromagnete durch sie in kurzer Zeit bis zu einer Temperatur erwärmt werden, bei welcher die Umspinnung der Drähte verkohlt. Bei anhaltender Benutzung der Maschine muß diese Gefahr durch Einschaltung von Widerständen oder durch Mäßigung der Drehungsgeschwindigkeit vermieden werden. Während die Leistung der magnetoelectrischen Inductoren nicht in gleichem Verhältnisse mit der Vergrößerung ihrer Dimensionen zunimmt, findet bei der beschriebenen Maschine das umgekehrte Verhältniß statt. Es hat dies darin seinen Grund, daß die Kraft der Stahlmagnete in weit geringerem Verhältniß zunimmt, als die Masse des zu ihrer Herstellung verwendeten Stahls, und daß sich die magnetische Kraft einer großen Anzahl kleiner Stahlmagnete nicht auf eine kleine Polfläche concentriren läßt, ohne die Wirkung sämmtlicher Magnete bedeutend zu schwächen oder sie selbst zum Theil ganz zu entmagnetisiren. Magnetinductoren mit Stahlmagneten sind daher nicht geeignet, wo es sich um Erzeugung sehr starker andauernder Ströme handelt. Man hat es zwar schon mehrfach versucht, solche kräftige magnetelectrische Inductoren herzustellen, und auch so kräftige Ströme mit ihnen erzeugt, daß sie ein intensives electrisches Licht gaben, doch mußten diese Maschinen colossale Dimensionen erhalten, wodurch sie sehr kostbar wurden. Die Stahlmagnete

verloren ferner bald den größten Theil ihres Magnetismus und die Maschine ihre anfängliche Kraft.

Neuerdings hat der Mechaniker WILDE in Birmingham die Leistungsfähigkeit der magnetelectrischen Maschinen dadurch wesentlich erhöht, daß er zwei Magnetinductoren meiner oben beschriebenen Construction zu einer Maschine combinirte. Den einen, größeren dieser Inductoren versieht er mit einem Electromagnet an Stelle der Stahlmagnete und verwendet den anderen zur dauernden Magnetisirung dieses Electromagnetes. Da der Electromagnet kräftiger wird als die Stahlmagnete, welche er ersetzt, so muß auch der erzeugte Strom durch diese Kombination in mindestens gleichem Maaße verstärkt werden.

Es läßt sich leicht erkennen, daß WILDE durch diese Combination die geschilderten Mängel der Stahlmagnet-Inductoren wesentlich vermindert hat. Abgesehen von der Unbequemlichkeit der gleichzeitigen Verwendung zweier Inductoren zur Erzeugung eines Stromes, bleibt sein Apparat doch immer abhängig von der unzuverlässigen Leistung der Stahlmagnete.

Der Technik sind gegenwärtig die Mittel gegeben, electrische Ströme von unbegrenzter Stärke auf billige und bequeme Weise überall da zu erzeugen, wo Arbeitskraft disponibel ist. Diese Thatsache wird auf mehreren Gebieten derselben von wesentlicher Bedeutung werden.

Dr. WR. SIEMENS."

Vom Werden der Starkstromtechnik.

Ein Rückblick aus Anlaß des 75. Geburtstages der Dynamomaschine.

Von FR. HEINTZENBERG, Berlin-Siemensstadt.

Die Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips und die Erfindung der Dynamomaschine durch WERNER SIEMENS sind schöpferische Großtaten von kaum übersehbarer Wirkungsweite. Es ist nicht zuviel gesagt, wenn man sie mit der Begründung eines neuen Zeitalters gleichsetzt.

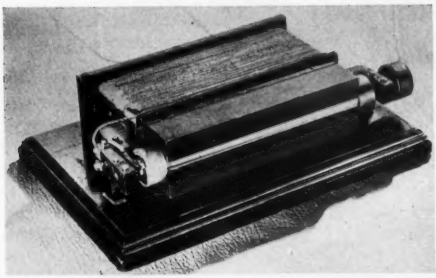


Fig. 1. Die erste Dynamomaschine der Welt (Original im Ehrenraum der Elektrotechnik des Deutschen Museums zu München).

In der ersten Versuchsmaschine von 1866 (Fig. 1) war das dynamoelektrische Prinzip zwar verwirklicht und die prophetischen Voraussagen von WERNER SIEMENS, die ihr eine große Zukunft versprachen, waren durchaus berechtigt, aber die Maschine selbst mußte doch noch eine ganze Reihe von Lehrjahren durchmachen, bis sie in der Lage war, der Menschheit mit der vollen in ihr schlummernden Kraft zu dienen.

Die größten Schwierigkeiten, die sich ihrer weiteren Entwicklung entgegenstellten, lagen auf elektrischem Gebiet. Es waren dies die Erwärmung des Eisens und die Funkenbildung am Kommutator.

Da man sich über die Gründe der Wärmebildung, ob Ummagnetisierung der Molekularmagnete oder Wirbelstrombildung oder beides, nicht im klaren war, wurde zunächst herumprobiert. Im Anfang half man sich einfach durch Übergießen mit Wasser. Dann baute man eine geregelte Wasserkühlung mit Anschluß an eine Pumpe oder an das Wasserleitungsnetz ein. Aber damit war das Übel nicht an der Wurzel gefaßt. WERNER SIEMENS kommt im Jahre 1880[1] zu der Überzeugung, daß die Erwärmung sowohl auf die Wirkung der Wirbelströme — FOUCAULTsche Ströme nannte man sie damals irrtümlich — als auch auf die Ummagnetisierung des Eisens zurückzuführen sei. Denn bei dem Versuch, den Wirbelströmen den Weg zu verlegen dadurch, daß man den Anker aus dünnen Eisenblechen mit isolierenden Zwischenlagen aufbaute, sei die Erwärmung nur zum Teil behoben worden. FRIEDRICH VON HEFNER-ALTENECK verfiel auf den kühnen Gedanken, den Eisenkern des Ankers stillstehen und die Wicklung allein zwischen feststehendem Ankereisen und feststehendem Feldmagneten umlaufen zu lassen. Diese Radikallösung hatte zwar das gewünschte elektrische Ergebnis, bedingte aber eine so umständliche mechanische Bauweise, daß die damit verbundenen Herstellungs- und Betriebsschwierigkeiten schon nach kurzer Zeit zur Aufgabe der Konstruktion zwangen.

Der richtige Weg wurde erst — vermutlich unbewußt — beschritten, als VON HEFNER-ALTENECK den Anker nicht mehr aus massivem Eisen, sondern aus Eisendraht, der auf einen Holzkern gewickelt war, aufbauen ließ. Obwohl diese Unterteilung noch etwas unvollkommen war, brachte sie doch schon eine merkliche Verbesserung. Die wirkliche Unterteilung des Ankereisens durch Aneinanderschichtung von legierten Stanzblechen wurde erst später endgültig durchgeführt.

Die Wärmebildung durch Ummagnetisierung, oder der Hysteresisverlust, wie wir heute sagen,

[1]) WERNER SIEMENS, Die dynamoelektrische Maschine. Gelesen in der Berliner Akademie der Wissenschaften am 18. November 1880. Wissenschaftliche und Technische Arbeiten, Band II.

läßt sich nicht beseitigen. Er wurde aber später mit der zunehmenden Erkenntnis der wirklichen Vorgänge und mit der Durchbildung exakter Rechnungsverfahren auf ein zulässiges Maß zurückgeführt.

Auch bei dem anderen Übel, der Funkenbildung, erkannte man vorerst noch nicht die eigentliche Ursache; zunächst sah man darin gar keinen Nachteil, sondern glaubte im Gegenteil in dem „schönen und glänzenden Feuer am Kommutator" einen Beweis besonderer Kraftentfaltung der Maschine zu erblicken. Auch hier wurde herumprobiert. Z. B. setzte VON HEFNER-ALTENECK große Hoffnungen auf folgende Konstruktion: Er legte in geringem Abstand lange schmale Blattfedern auf die Teile des Kommutators, so daß die Stromabnahmeorgane, die aus Kupferdrahtbürsten oder Rollen bestanden, nicht unmittelbar den Kommutator, sondern diese Blattfedern berührten und diese auf das Kupfer des Kommutators herunterdrückten. Der anfänglich festgestellte Erfolg erwies sich aber als trügerisch, und das Kommutatorfeuer wurde erst dann endgültig beseitigt, als man dazu überging, die Teile des Kommutators immer weiter zu vermehren.

Inzwischen hatten die Nachfolger der kleinen Versuchsmaschine von 1866 unbekümmert um ihre Unvollkommenheiten ihren Weg in die Praxis angetreten. Die erste praktische Anwendung fand das dynamoelektrische Prinzip in kleinen Minenzündern. Dann wurden schon sehr bald größere Maschinen mit Lokomobilen zusammengebaut und bildeten so fahrbare Zentralen zur Speisung eines Scheinwerfers für Baustellenbeleuchtung und zur Artilleriezielbeleuchtung auf Schießplätzen. Schon 1877 wurde eine große Maschine von 1000 Ampere für Kupferelektrolyse an das Hüttenwerk Oker geliefert.

1878 gelang durch die Schaffung der Bogenlampe mit Differentialschaltung von VON HEFNER-

WERNER SIEMENS zur Zeit der Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips.

ALTENECK die erste Teilung des elektrischen Lichtes. Bis dahin hatte jede einzelne Bogenlampe ihre eigene Dynamomaschine als Stromquelle gebraucht, erst jetzt war es möglich, eine Reihe von Bogenlampen von derselben Maschine aus zu speisen. 1879 brannte in der Kaisergalerie zu Berlin die erste Beleuchtungsanlage mit Differentiallampen.

Elektrische Beleuchtungsanlagen waren zu jener Zeit noch Einzelgänger. An eine zentrale Stromversorgung war noch nicht zu denken. Damit konnte erst begonnen werden, als mit der zweiten, endgültigen Teilung des elektrischen Lichtes durch die Glühlampe der elektrische Strom Zugang in die Wohnungen fand. Da wurde er zum Verkaufsobjekt, und es entstanden die Stromversorgungsunternehmungen, deren Wirkungsbereich mit dem Häuserblock begann, dann Stadtviertel, ganze Städte und schließlich Provinzen und ganze Länder mit Stromnetzen überspannte.

Mit dem wachsenden Strombedarf wuchsen auch die Anforderungen an die Dynamomaschine. Als die ersten städtischen Zentralen Mitte der 80er Jahre in Berlin gebaut wurden, schufen VON HEFNER-ALTENECK und CARL HOFFMANN gemeinsam hierfür die sog. Innenpolmaschinen mit Leistungen bis zu 1000 kW. Dies waren merkwürdige Ringankermaschinen, bei denen das sternförmige Magnetgestell im Innern des rotierenden Ringankers stand. Bei den größten Typen hatte dieser Ring einen Durchmesser von etwa 3 m. Seine Außenfläche diente gleichzeitig als Kommutatorschleiffläche.

Obwohl die Innenpolmaschine sich sehr gut bewährte (es laufen heute noch solche Maschinen), ging die Entwicklung der Gleichstrommaschine doch andere Wege; sie wurde bestimmt durch die namentlich von LAHMEYER geschaffene Außenpolmaschine.

Ende der 80er und Anfang der 90er Jahre beginnt der Drehstrom die weitere Entwicklung des Elektromaschinenbaues in andere Bahnen zu lenken. Schon 1891 wurden im Charlottenburger Werk von Siemens & Halske erfolgreiche Kraftübertragungsversuche mit Drehstrom von 20000 Volt gemacht, und im gleichen Jahre bewiesen OSKAR VON MILLER, CHARLES BROWN und MICHAEL VON DOLIVO-DOBROWOLSKY gelegentlich der Elektrotechnischen Ausstellung in Frankfurt die Brauchbarkeit des Drehstromes für die Fernkraftübertragung. Damit war dem Bau von Überlandwerken und der Anlage von Großkraftwerken am Fundort der Energien (weiße und schwarze Kohle) der Weg geebnet.

Es hat Stimmen gegeben, die die Bedeutung des dynamoelektrischen Prinzips dadurch schmälern zu können glaubten, daß sie erklärten, das Prinzip spiele jetzt in der Zeit der vorherrschenden Drehstromtechnik nur eine untergeordnete Rolle. Sie vergessen aber dabei, daß WERNER SIEMENS durch seine Entdeckung den gesamten Elektromaschinenbau begründet hat. Und noch eins: Ist vielleicht JAMES WATT heute ohne Bedeutung, weil seine Kolbenmaschine gegenüber der Dampfturbine nur noch eine untergeordnete Rolle spielt?

Zu Beginn unseres Jahrhunderts nimmt der Stromerzeuger mit dem Eindringen der Dampfturbine in die elektrischen Zentralen die neue Gestalt des Turbogenerators an. Die Dampfturbine ist mit ihrer reinen Rotationsbewegung die ideale Antriebsmaschine für die Dynamomaschine. WERNER SIEMENS hat schon früh nach einer solchen Kraftmaschine Ausschau gehalten und sich aus diesem Grunde sehr lebhaft für die rotierende Dampfmaschine eines Fürsten DOLGORUCKI interessiert, die sogar mehrere Jahre lang von Siemens & Halske als Antriebsmaschine für Dynamomaschinen gebaut worden ist. Die Leistungen der Turbogeneratoren sind in den letzten Jahrzehnten in ungeahnter Weise gestiegen und haben heute die 100000-PS-Grenze überschritten.

Fig. 2. Wasserkraftgenerator von 100000 kVA. Im gleichen Maßstab eingezeichnet: Die erste Dynamomaschine von WERNER SIEMENS.

Will man sich an nüchternen Zahlen klarmachen, was dieser 75jährige Aufstieg bedeutet, so kann man einmal eine heutige Großmaschine der kleinen ersten Versuchsmaschine von 1866 gegenüberstellen (Fig. 2). Diese leistete 29 Watt, das sind etwa 0,04 PS; einer der jetzt in Siemensstadt gebauten Wasserkraftgeneratoren leistet etwa 130000 PS, das ist also das 3,2-Millionenfache.

Soviel über die Dynamomaschine als Stromerzeuger. Nicht minder wichtig ist ihre Rolle als Stromverbraucher geworden. Sie war die erste elektrische Maschine, die ohne weiteres die Doppelrolle des Generators und Motors spielen konnte. Schon 1867 spricht WERNER SIEMENS auf der Pariser Weltausstellung von der Möglichkeit der elektrischen Kraftübertragung. Es dauerte dann aber immerhin noch 10 Jahre — wir haben oben gesehen, daß die konstruktive Vervollkommnung diese Zeitspanne erforderte —, bis in der Spandauer Gewehrfabrik die erste Kraftübertragungsanlage gebaut wurde.

Um Mißverständnisse zu vermeiden, muß hier eine kleine sprachliche Feststellung eingeschaltet werden. Unter elektrischer Kraftübertragung verstehen wir heute folgendes: In einem Kraftwerk wird elektrischer Strom erzeugt, durch Transformatoren hochgespannt und durch Fernleitungsnetze über weite Gebiete verbreitet, dann am Verbrauchsort wieder auf Niederspannung gebracht und für Licht, Kraft, Wärme oder chemische Zwecke verwendet. In der Zeit, von der wir sprechen, verstand man aber unter Kraftübertragung einen viel einfacheren Vorgang: Der Strom einer irgendwo aufgestellten Dynamomaschine wurde durch eine höchstens mehrere 100 m lange Leitung einer einzigen anderen Dynamomaschine zugeführt, die dann als Motor laufen und eine oder mehrere Arbeitsmaschinen antreiben konnte.

Bei den elektrischen Bahnen war die zweite Dynamomaschine (der Motor) nicht ortsfest, sondern fahrbar mit beweglicher Stromzuführung aufgestellt. Die erste elektrische Bahn fuhr auf der Berliner Gewerbeausstellung von 1879. Die kleine Lokomotive von Siemens & Halske leistete etwa 3 PS und zog den kleinen mit unternehmungslustigen Ausstellungsbesuchern besetzten Zug mit einer Geschwindigkeit von 7 km in der Stunde über die Schienen. Heute leistet eine elektrische Schnellzuglokomotive 8000 PS und muß bei der Probefahrt eine Geschwindigkeit von 225 km in der Stunde nachweisen.

Ein anderes Anwendungsgebiet des ortsveränderlichen Motors, die Hebezeugtechnik, begann 1880 mit dem ersten elektrischen Aufzug auf der Pfalzgauausstellung in Mannheim.

Ein Jahr später fuhr in Großlichterfelde die erste elektrische Straßenbahn der Welt.

Von elektrischen Antrieben im heutigen Sinne konnte erst die Rede sein, nachdem die Stromnetze von elektrischen Zentralen zum Anschluß von Motoren zur Verfügung standen. 1891 entstehen im Charlottenburger Werk von Siemens & Halske die ersten Einzelantriebe von Werkzeugmaschinen. Um die Mitte der 90er Jahre beginnt das allseitige Eindringen des Elektromotors in Gewerbe und Industrie, und mit dem Beginn des neuen Jahrhunderts ist auch der Großantrieb beispielsweise von Fördermaschinen und Walzwerken durchgebildet.

Parallel mit dieser Entwicklung gehen die Fortschritte im elektrischen Bahnwesen. 1896 beginnt der Bau des elektrischen Hoch- und Untergrundbahnnetzes in Berlin. 1901 bis 1903 werden von Siemens & Halske und der AEG. gemeinsam auf der Strecke Marienfelde—Zossen jene viel beachteten Schnellbahnversuche unternommen, bei denen zum erstenmal die Lokomotivgeschwindigkeit den Betrag von 200 km in der Stunde überschritt.

Es ist heute schon ein seltener Ausnahmefall, wenn eine Arbeitsmaschine nicht elektrisch angetrieben wird. In allen Zweigen gewerblichen Schaffens ist der Elektromotor ein unentbehrlicher Helfer geworden von dem winzigen Motor im Handgriff einer Rasiermaschine bis zu dem riesenhaften Walzwerksmotor von mehr als 30000 kW Leistung.

Wenn WERNER SIEMENS 1867 gesagt hat, daß die Dynamomaschine auf mehreren Gebieten der Technik von wesentlicher Bedeutung sein würde, so war das, wie die weitere Entwicklung bewiesen hat, bestimmt keine übertriebene Voraussage: Die Leistung der in Deutschlands Elektrizitätswerken laufenden Stromerzeuger beträgt heute über 20 Millionen kW, und die der in Deutschland angeschlossenen Elektromotoren ist noch erheblich größer.

Wie unschätzbar das Geschenk ist, das die Kulturmenschheit WERNER SIEMENS verdankt, wird uns erst ganz gegenwärtig, wenn wir einmal den Versuch machen, uns vorzustellen, daß uns dieses Geschenk eines Tages verlorengehen könnte.

Zur Frage der Wirksamkeit hochverdünnter „potenzierter" Substanzen[1]).

Untersuchungen und Bemerkungen zu der Arbeit von E. HEINTZ in Nr. 48, Jahrg. 29 der Naturwissenschaften.

Von HERMANN DRUCKREY und RUDOLF RICHTER.

Frühere Angaben besonders von H. JUNKER[2]) und von N. P. KRAWKOW, nach denen extreme Verdünnungen einiger Substanzen selbst dann noch starke biologische Wirkungen haben sollten, wenn nur mehr wenige Moleküle oder sogar nicht einmal ein einziges Molekül mehr in der Lösung vorhanden war, regten HEINTZ zur Prüfung der Frage an, ob die besondere *Wirksamkeit* dieser Verdünnungen (deren Vorhandensein als gegeben angesehen wird) vielleicht durch das *Herstellungsverfahren* des „Potenzierens" verursacht sein könnte. Die Verdünnung erfolgt nämlich nach „homöopathischen" Prinzipien in der Weise, daß die gewünschte Verdünnung nicht durch einfaches Auflösen der Arznei-

[1]) Aus dem Pharmakologischen Institut der Universität Berlin.

[2]) Die Literatur ist in der erwähnten Mitteilung von HEINTZ angegeben.

substanz in einer entsprechenden Menge Lösungsmittel hergestellt wird, sondern z. B. von einer Lösung 1 : 10 ausgehend durch stufenweise Weiterverdünnung im Verhältnis 1 : 10, was unter anhaltendem heftigem Schütteln erfolgen soll („Potenzieren"). Dies geschieht in dem Glauben, daß den Arzneien durch dies Verdünnungsverfahren höhere Kräfte übertragen werden. Die einzelnen Verdünnungsstufen („Dezimalpotenzen") werden nach der Häufigkeit der vorgenommenen „Potenzierung" mit dem Buchstaben D (bzw. bei Verdünnungen 1 : 100 mit dem Buchstaben C) und Zahlen bezeichnet, also z. B. als D 6 oder D 14, was einem Substanzgehalt von 10^{-6} bzw. 10^{-14} entsprechen würde.

HEINTZ veröffentlichte nun den höchst überraschenden und sensationellen Befund, daß derartige Potenzen der verschiedensten Substanzen bei höchsten Verdünnungsgraden (selbst über die Grenze hinaus, die durch die LOSCHMIDTsche Zahl gesetzt wird) noch *substanzspezifische* physikalische Eigenschaften zeigen sollen, die den auf gewöhnliche Weise bereiteten gleich hochgradigen Verdünnungen nicht mehr zukommen. Die Stärke in der diese Eigenschaften gefunden wurden, steht dabei nicht mehr in der bekannten und als gesetzmäßig angesehenen einfachen quantitativen Beziehungen zur Konzentration, sondern folgt ebenfalls von HEINTZ beschriebenen eigenen Gesetzmäßigkeiten. Er stellt diese „Potenzwirkungen" den bisher bekannten „Substanzwirkungen" als Wirkungen besonderer Art gegenüber, da für sie „nicht die Quantität der Ausgangssubstanz ausschlaggebend ist ... sondern nur die Anzahl der Verdünnungen." Nach seiner Meinung soll das Lösungsmittel Träger der „Potenzwirkung" sein.

Die Nachprüfung der Reproduzierbarkeit dieser höchst sensationellen Befunde muß naturgemäß dem Physiker überlassen bleiben. Dennoch muß der Mediziner, und zwar besonders der Pharmakologe, zu diesen Ausführungen Stellung nehmen, denn HEINTZ geht von Mitteilungen über angeblich starke *biologische* Wirkungen derartiger „Potenzen" aus und versucht sie durch seine Befunde zu erklären oder wenigstens zu stützen. Die gebrauchten *physikalischen* Methoden haben dabei offenbar nur die Bedeutung eines zufällig gewählten Tests; *das Problem selbst ist ein pharmakologisches.* Es heißt: kann die von der *Homöopathie* geglaubte Arzneiwirkung hoher „Potenzen" naturwissenschaftlich exakt belegt werden oder nicht? Die Schlußfolgerungen der HEINTZschen Arbeit geben auf diese Frage eine positive Antwort und münden damit aus der Physik wieder in die Pharmakologie ein.

Wenn HEINTZ sich auch im wesentlichen auf die Wiedergabe seiner *physikalischen* Befunde beschränkt und weitergehende Anwendungen auf *biologische* Verhältnisse unterläßt, so ist doch nach allen bisherigen Erfahrungen damit zu rechnen, daß homöopathisch interessierte Kreise nicht die gleiche Zurückhaltung üben werden, sondern die hier gebotenen Unterlagen als willkommenen und so notwendigen „Beweis" für die Richtigkeit ihrer Überzeugung aufnehmen und verwerten werden. Da in der Arbeit von HEINTZ stets von *Wirkungen* und nicht von *Eigenschaften* die Rede ist, liegt das besonders nahe. Eine derartige Verwertung dieser rein physikalischen Befunde wäre jedoch selbst dann voreilig und unberechtigt, wenn sie reproduziert werden könnten, denn sie lassen keinen unmittelbaren Schluß darüber zu, ob derartige „Potenzen" nun auch besondere *biologische* Wirkungen haben müssen. Wie unzulässig eine Verallgemeinerung hier ist, zeigen die Befunde von HEINTZ selbst, der nur bei Messungen der Ultrarot-Absorptionen und der Leitfähigkeiten zu positiven Resultaten kam, bei Absorptionsmessungen im Ultravioletten dagegen ein völlig negatives Ergebnis erhielt. Daß von „Potenzwirkungen" im sichtbaren Teil des Spektrums keine Rede sein kann und daß auch andere physikalische Phänomene, wie z. B. die Oberflächenspannung, Viscosität u. a., nur immer konzentrationsabhängige „Substanzwirkungen" erkennen lassen, ist bekannt genug. Trotzdem werden interessierte Kreise sich nicht zurückhalten, die Beobachtungen von HEINTZ auf das biologische oder medizinische Gebiet zu übertragen.

Wir gehen hier nicht weiter auf die von HEINTZ zitierten Arbeiten von JUNKER, KÖNIG, KOLISKO, LÖHNER und MARKOWITS und von KRAWKOW ein, von denen übrigens die drei Letztgenannten gar keine „potenzierten" sondern nur *einfache* Verdünnungen benutzt haben und gleichwohl biologische Wirkungen bis über 10^{-30} beschreiben. Die Befunde dieser Autoren haben sich nicht reproduzieren lassen (der von HEINTZ auch zitierte SEYBOLD kam übrigens zu einem negativen Resultat). Einige Arbeiten sind von vornherein als unkritisch abzulehnen, was allerdings ihre Verwertung als Grundlage nicht verhindern zu können scheint. So beginnt auch HEINTZ seine Mitteilung mit dem Hinweis, daß die Möglichkeit einer starken biologischen Wirkung hochverdünnter Lösungen „bekannt sei". Das ist ganz und gar nicht der Fall. Bekannt und aller Erfahrung entsprechend ist das Gegenteil, daß nämlich solche höchstverdünnten Lösungen nicht nur keine starken, sondern überhaupt keine biologischen Wirkungen mehr besitzen, soweit es sich wenigstens um Verdünnungen handelt, die jenseits der bekannten Wirkungsgrenze für die jeweilige Substanz liegen.

Aus den klaren Angaben von HEINTZ ergeben sich die beiden ganz präzisen Fragen: 1. *Haben die durch „Potenzieren" hergestellten Verdünnungen eine stärkere biologische Wirkung, als ihrem Gehalt an Wirksubstanz zukommt?* und 2. *Geht eine etwaige „Potenzwirkung" bis zu Verdünnungsgraden herauf, in denen keine Substanzwirkungen mehr anzunehmen sind?* Diese Fragen haben wir an einigen Substanzen mit charakteristischer pharmakologischer Wirkung untersucht. Und zwar benutzten wir als Beispiele drei Vertreter möglichst verschiedener Stoffklassen, nämlich Adrenalin, Kaliumacetat und

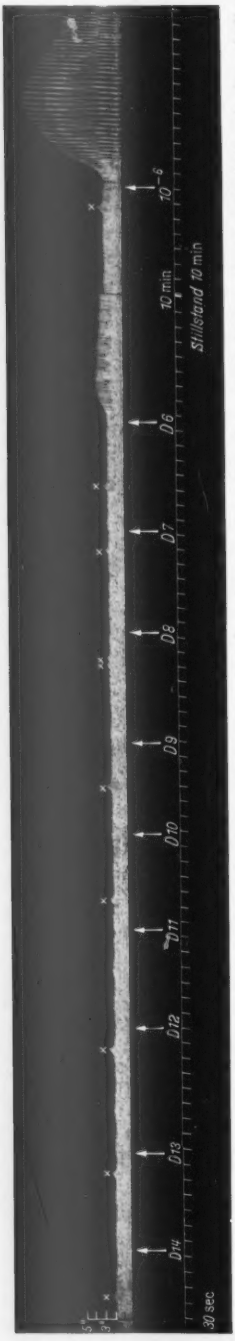


Fig. 1. *Prüfung verschiedener „Potenzen" von Adrenalin Hydrochlorid am isolierten Gefäßpräparat (Frosch).* Registrierung des Tropfenfalls mit dem Ordinatenschreiber. Ordinate: Zeitabstand zwischen 2 Tropfen in Sekunden. Abszisse: Zeit in 30 Sekunden. Bei den Pfeilen: Applikation von 0,2 ccm der Verdünnungen. Die Adrenalin-Potenzen D 14 bis D 7 sind sämtlich völlig wirkungslos. Erst die D 6 verursacht eine deutliche Verlangsamung des Tropfenfalls (Gefäßkontraktion). Die Wirkung einer einfachen Lösung 10^{-6} ist jedoch stärker als die der D 6. (Die durch ein Kreuz markierten Gipfel sind durch Kontraktionen der Kloake verursacht und haben mit der Adrenalinwirkung nichts zu tun.)

Strophanthin. Als Test dienten wieder drei möglichst verschiedenartige Wirkungen, nämlich die am isolierten Gefäßpräparat des Frosches, ferner die Beeinflussung der Harnausscheidung am Warmblüter (Ratte) und schließlich die Wirkung auf das isolierte Froschherz.

Die Herstellung der „Potenzen" erfolgte mit größter Sorgfalt (ohne Verwendung technischer Hilfskräfte) auf bekannte Weise: 2 ccm der Stammlösung („Urtinktur") wurden auf 18 ccm des Lösungsmittels übertragen. Durch 2 Minuten langes Schütteln dieser Verdünnung mit etwa 180 Schlägen in der Minute wurde die zweite „Dezimalpotenz" (D 2) hergestellt. Durch weiteres Übertragen von wiederum 2 ccm dieser „Potenz" auf 18 ccm Lösungsmittel und gleichdauerndes Schütteln gewannen wir in derselben Weise dann die D 3 und so fort. Jede Potenz wurde in einer eigenen, mit Chrom-Schwefelsäure heiß gereinigten 50 ccm-Glasstopfenflasche aus Jenaer Glas hergestellt. Zu jeder Verdünnung benutzten wir eine eigene, ebenfalls auf die beschriebene Weise gereinigte Pipette. Die „Potenzen" sind im folgenden dadurch kenntlich gemacht, daß sie mit dem Buchstaben D und der Zahl der auf diese Weise vorgenommenen Verdünnungen bezeichnet sind, also z. B. Adrenalin D 6, während die in der gewöhnlichen Weise hergestellten Verdünnungen auch in der wissenschaftlich üblichen Weise bezeichnet wurden, im Beispiel 10^{-6}. Wir benutzen also dieselbe Bezeichnungsweise, wie sie HEINTZ angewendet hat.

Zuerst untersuchten wir nach beiden Herstellungsverfahren gewonnene Verdünnungen von *Adrenalin* am isolierten Gefäßpräparat des Wasserfrosches in der Anordnung nach LÄWEN und TRENDELENBURG. Dies Objekt schien deshalb besonders geeignet, weil die zitierten Versuche von KRAWKOW auch an einem isolierten Gefäßpräparat ausgeführt wurden. Seine Versuche erfahren damit also gleichzeitig eine Nachprüfung. Wir gingen von der Adrenalin-Base aus, die uns in Reinsubstanz zur Verfügung stand. Sie wurde als Hydrochlorid gelöst. Durch Auflösen von 50 mg Adrenalin in 5 ccm froschisotoner Salzlösung gewannen wir die Stammlösung, von der wir nach dem angegebenen Verfahren die weiteren Potenzen herstellten. Die „übliche" Lösung wurde dagegen durch einfaches Auflösen von 1 mg Base in 1 l isotoner Salzlösung hergestellt, enthielt also 10^{-6} Adrenalin. Zur Prüfung wurden 0,2 ccm der Lösungen bzw. „Potenzen" in den Zuflußschlauch des Gefäßpräparates injiziert. Der Durchstrom betrug zu Beginn des Versuchs etwa 1 Tropfen in 1,8 sec.

Nach der Feststellung, daß das Lösungsmittel selbst keine Wirkung auf das Versuchsobjekt hatte, prüften wir zunächst die D 14, weil gerade diese Potenz nach den Angaben von HEINTZ einen maximalen Effekt erwarten ließ. *Sie war vollkommen wirkungslos* (Fig. 1). Eine Wiederholung des Versuchs brachte nur immer dasselbe Resultat. Dann wurden nacheinander die niederen „Potenzen" geprüft. Keine von ihnen hatte auch nur den geringsten Effekt. Erst bei Anwendung der D 6 trat eine geringe Wirkung ein. Die gleich anschließende Prüfung der gleich konzentrierten üblichen Lösung 10^{-6} ergab keinen kleineren, sondern sogar einen wesentlich stärkeren Effekt. Das ist aber keineswegs überraschend, denn es ist bekannt, daß das Adrenalin durch Schütteln an der Luft unwirksam wird. Hier hat das „Potenzieren" also gerade einen wirkungs*mindernden* Einfluß gehabt. Stellt man den durch die Autoxydation eingetretenen Verlust an Wirksubstanz in Rechnung (was grob geschätzt möglich ist), so läßt sich sagen, daß die Wirkung der D 6 im Höchstfalle so groß ist, wie ihrem Substanzgehalt entspricht. Hier liegt also eine „Substanzwirkung" vor und keine Spur einer „Potenz-

wirkung". Der Einwand, daß mit der Zerstörung der Substanz auch die „Potenzwirkung" verloren ginge, ist nicht überzeugend, weil solche „Potenzwirkungen" ja selbst bei Verdünnungen von D 30, wo auch das letzte Molekül aus der Lösung längst entfernt ist, doch und sogar besonders kräftig vorhanden sein sollen. Demnach müßte das Adrenalin wegen seiner Labilität gerade ein besonders gutes Beispiel sein, weil es die „Potenzwirkungen" ungestört von den „Substanzwirkungen" zur freien Entfaltung kommen lassen müßte. KRAWKOW fand das Adrenalin für solche Versuche ausgezeichnet geeignet. Im übrigen sei erwähnt, daß die Adrenalin-„Potenzen" bereits 5 Minuten nach Fertigstellung der D 14 und etwa 30 Minuten nach Anfertigung der D 6 in Versuch kamen. Die Verdünnung geschah unter Ausschaltung des Tageslichtes.

Anschließend wurden die gleichen Adrenalin-Verdünnungen noch am isolierten Froschherzen geprüft. Auch hier zeigte sich, daß das Herstellungsverfahren gar keinen Einfluß hatte, denn die „Potenzen" waren nur insoweit wirksam, wie sie eine wirksame Konzentration Adrenalin enthielten. Und hier entsprach die Wirksamkeit der einfachen Lösung 10^{-6} durchaus der der D 6; letztere war wieder etwas schwächer wirksam.

Hiernach untersuchten wir die diuretische Wirkung von *Kaliumacetat*, und zwar wieder die Wirkung einer „Potenz" (in Wasser) im Vergleich zur gewöhnlichen Lösung der Substanz. Dies geschah in der Versuchsanordnung nach BURN[1]) an 36 erwachsenen Ratten in drei Versuchsgruppen, und zwar im wiederholten Versuch. Aus Ersparnisgründen beschränkten wir uns auf die Prüfung der D 14, die ja nach den Befunden von HEINTZ maximal wirksam sein müßte. Die Eignung der Ratten wurde vorher in wiederholten Wasser-Belastungsversuchen sichergestellt.

Alle drei Gruppen erhielten die gleiche Flüssigkeitsmenge mit der Schlundsonde zugeführt, und zwar 5 ccm/100 g Tier. Die Versuchsgruppe bekam diese Menge in Form einer Kalium aceticum-Potenz D 14. Von zwei Kontrollgruppen erhielt die eine reines Wasser, die zweite eine als wirksam bekannte Lösung von Kalium aceticum, nämlich 0,73 mol/l.

Das Resultat dieser Versuche ist klar. Die Harnausscheidung in der mit Kalium acet. D 14 behandelten Versuchsgruppe entsprach der bei den Kontrollen, die nur Wasser erhalten hatten. Hier kann also ebenfalls von „Potenzwirkungen" keine Rede sein. Die zweite, mit einer wirksamen Kaliumacetat-Konzentration behandelte Kontrollgruppe ließ dagegen die bekannte kräftige diuretische Wirkung des Kaliumsalzes erkennen (Fig. 2).

Schließlich wurde die Wirksamkeit von *Strophanthin*-„Potenzen" am isolierten Froschherzen (Rana temporaria) in der Anordnung nach STRAUB geprüft und mit der von einfachen Lösungen der gleichen Substanz in gleichen Konzentrationen verglichen. Die Stammlösung für die Herstellung der Potenzen gewannen wir durch Auflösen von 50 mg reinem g-Strophanthin in 5 ccm Tyrode-Lösung und Schütteln in der beschriebenen Weise. Die „einfache" Lösung enthielt 10 mg der Substanz in 1 l Tyrode-Lösung, ihre Konzentration betrug also 10^{-5}. Die Froschherzen wurden von der gleichen Tyrode-Lösung gespeist, mit der die Verdünnungen hergestellt waren, und zwar enthielten die Kanülen 1 ccm. Sie wurden fortlaufend mit Luft durchperlt. Im Versuch wurden 0,11 ccm der

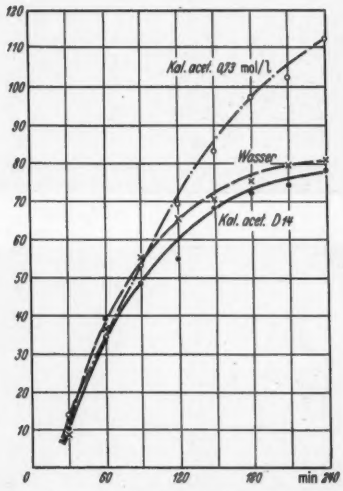


Fig. 2. *Prüfung von Kalium aceticum D 14 auf harntreibende Wirkung an Ratten.* Die Wirkung entspricht der reinen Wassers. Zum Vergleich: Steigerung der Harnausscheidung durch eine wirksame Dosis Kaliumacetat. Ordinate: Harnmenge in Prozenten der zugeführten Wassermenge, Durchschnittswert von je 12 Ratten. Abszisse: Zeit in Minuten nach der Wasserbelastung.

zu prüfenden Strophanthin-Lösung dem Kanüleninhalt zugesetzt, so daß dabei eine weitere Verdünnung um eine Größenordnung erfolgte.

Die Zugabe einer Strophanthin-Potenz D 14 im Versuch hatte keine Wirkung auf das normal schlagende Froschherz. Ebenso wirkungslos waren die nächst niederen Potenzen. Erst bei Zugabe einer D 5 ergab sich die charakteristische Strophanthinwirkung, die nach Ausmaß und Art jedoch völlig der einer einfachen Strophanthin-Lösung 10^{-5} entsprach.

Da bekanntlich das *geschädigte* Herz besonders empfindlich auf Strophanthin reagiert, haben wir noch Versuche an Herzen angeschlossen, die mit einer calciumarmen Tyrode-Lösung (mit $^1/_5$ des normalen Calciumgehaltes) gespeist wurden. Unter diesen Umständen tritt die nützliche Strophanthinwirkung nach gesicherter Erfahrung am besten in

[1]) J. H. BURN, Biologische Auswertungsmethoden. Berlin 1937.

Erscheinung, Daß die Leistungsfähigkeit des Herzens unter diesen Bedingungen beträchtlich eingeschränkt ist, gibt sich aus der Abnahme der registrierten Hubhöhen (Fig. 3) klar zu erkennen. Nachdem sich die Herzen auf eine gleichbleibende Leistung eingestellt hatten, wurde Strophanthin D 14 zugesetzt: Es trat nicht die geringste Wirkung ein. Ebenso negativ verliefen Versuche mit der D 7. Erst die Strophanthin-Potenz D 5 hatte den charakteristischen Effekt, der jedoch in jeder Weise dem einer einfachen Lösung mit gleichem Strophanthingehalt, nämlich 10^{-5} entsprach.

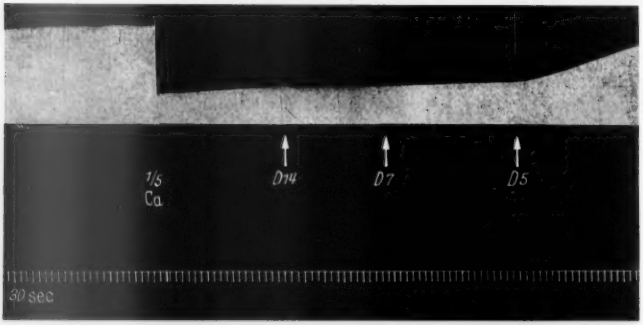


Fig. 3a.

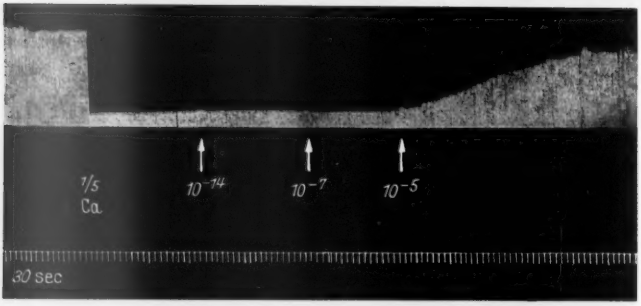


Fig. 3b.

Fig. 3a u. b. *Vergleich der Wirkung gleicher Konzentrationen, g-Strophanthin einmal in Form von „Potenzverdünnungen"* (D 14, D 7 und D 5, Fig. 3a) *und einmal in gewöhnlicher Form* (10^{-14}, 10^{-7} und 10^{-5}, Fig. 3b) *am isolierten* (mit $^1/_5$ des normalen Calciumgehaltes) *schlagenden Herzen von „Rana temporaria"*. Bei den Pfeilen: Zusatz von 0,11 ccm der Potenz bzw. Lösung zum Kanüleninhalt (1 ccm). Die D 14 oder D 7 sind ebenso wirkungslos, die D 5 ist ebenso wirksam wie die einfachen Strophanthin-Lösungen gleicher Konzentration.

Damit ergibt sich auch an diesem Objekt nicht nur *die völlige biologische Wirkungslosigkeit hoher „Potenzen"*, sondern auch *das Fehlen jeglichen Einflusses des „Potenzierungsverfahrens" auf die biologische Wirksamkeit* einer Substanz überhaupt. Wo Wirkungen festzustellen waren, handelte es sich nachweislich um reine und gut bekannte „Substanzwirkungen". *Eine „Potenzwirkung" ließ sich in den biologischen Versuchen auch nicht andeutungsweise erkennen und muß daher als nicht existent angesehen werden.* Der bloße Eindruck oder Glaube, daß hohe „Potenzen" am kranken Menschen nützliche Wirkungen haben könnten, ist als Grundlage für das ärztliche („schulmedizinische") Handeln unbrauchbar, der Arzt muß „wissen", und nicht „wähnen" (PARACELSUS).

Mögen die sensationellen physikalischen Befunde von HEINTZ bestätigt werden oder nicht, für den *biologischen* Bereich haben sie offenbar keine Geltung, vor allem nicht die gesetzmäßige Gültigkeit, die sie nach den Vorstellungen der Homöopathie haben müßten. Der Glaube, auf „homöopathische" Weise womöglich mit 1 mg eines kostbaren Vitamin- oder Hormonpräparates, Chemotherapeutikums oder anderen Arzneistoffes den Weltbedarf für alle Zeiten herstellen zu können, ist eine Utopie.

Über die Berechtigung pflanzensoziologischer Namen in der Vegetationskunde[1]).

Von HARTWIG ROLL, Plön in Holstein.

Es kann kein besseres und richtigeres Bestreben geben, als in der Vegetationskunde die vorgefundenen pflanzlichen Gemeinschaften auch mit guten deutschen Namen zu belegen. Von diesen deutschen Namen muß man aber mehrere Eigenschaften fordern: sie müssen treffend, kurz und vor allem in *ganz Deutschland* verständlich sein. Es darf nicht vorkommen, daß man z. B. von *„Heide"* spricht und darunter in Norddeutschland eine trockene Gesellschaft mit *Calluna vulgaris* oder *Erica tetralix*, mit Flechten, Wacholder und *Weingärtneria canescens*, dem Silbergras, mit Dünenbildungen und anderem versteht, während man im Sprachgebrauch Mittel- und Süddeutschlands als Heiden die natürlichen Grasflächen auf den Schotterböden etwa der Alpenflüsse u. ä. bezeichnet (nach MEUSEL 1939, S. 98). Dann muß man schon zu dem richtigen Mittel greifen, und durch Zusätze den Namen näher erläutern. Diesen

[1]) Aus der Hydrobiologischen Anstalt der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zu Plön in Holstein.

Weg geht MEUSEL (l. c. S. 93), wenn er z. B. die von Natur waldfreien Gebiete der sonnigen Hänge und steilen Bergabstürze als *„Grasheide"* bezeichnet oder (l.c. S. 218) vom *„Steppenheidewald"* spricht.

Aber schon an anderen Beispielen tritt die herrschende Verwirrung deutlich zutage. Es sei hier ein solches bei MEUSEL (l. c. S. 249) entnommen: GRADMANN (1936) spricht von einem „Bergwald" und beschreibt dessen Vegetationsgefüge. Unter dem gleichen Namen versteht aber die Pflanzengeographie ganz verschiedenartige Gesellschaften, für die der Name „Bergwald" als Sammelbegriff dient. Daher will MEUSEL den Namen Bergwald nicht als allgemeingültige Bezeichnung für *einen* Waldtyp übernehmen und spricht, weil es sich um ein lichtes Gehölz der Buchenzone handelt, von *„Buchenheidewald"*. Damit lehnt er gleichzeitig den Ausdruck *„Buchen-Steppenheidewald"* von SCHLENKER (1939) ab, da die Buche mit Steppen nichts zu tun hat. Einen ähnlichen Grund kann man allerdings auch gegen MEUSELS Bezeichnung ins Feld führen, wenn man wollte, denn wie oben schon gezeigt, sind die Vorstellungen von der *„Heide"* in Deutschland recht verschieden, so daß sich demnach auch unter „Buchen-Heidewald" der Norddeutsche wie der Süddeutsche etwas ganz Verschiedenes vorstellen wird. So wird es sich wohl gerade bei diesem Beispiel nicht umgehen lassen, einen nach der pflanzensoziologischen Nomenklatur gebildeten Namen zu verwenden, wie ihn FABER (1936) mit dem Namen *Fagetum (calcareum) tilietosum* bereits gebildet und vorgeschlagen hat, ohne daß man deshalb seine pflanzensoziologischen Folgerungen anzuerkennen braucht. Man kann das schon deswegen verantworten, weil ja sowohl der Pflanzengeograph wie der Pflanzensoziologe feinere Unterschiede der pflanzlichen Gemeinschaften feststellt als der Laie und sich daher auch nicht an die durch den Sprachgebrauch gebildeten Namen wie „Buchenwald", „Kiefernhain", „Mischwald" und ähnliche zu halten braucht, weil solche Bezeichnungen ebenso vieldeutig sind wie in der Artensystematik Namen wie Butter-, Kuhblume, und viele andere.

Vorteil und Berechtigung einer besonderen kurzen und klar ausgebauten pflanzensoziologischen Nomenklatur kann also mit denselben Argumenten gestützt werden wie LINNÉS Schritt von den Pflanzenbeschreibungen des Mittelalters zum binären Nomenklatursystem.

Der Pflanzensoziologe wird danach also gezwungen sein, für die meisten der von ihm aufgefundenen Bestände und Gemeinschaften einen wissenschaftlich-allgemeingültigen Namen zu wählen. Dieses geschieht auf die verschiedenste Weise. Einmal können mehrere bezeichnende Arten der Gesellschaft zu einem Namen zusammengefaßt werden, etwa *Ranunculus repens-Alopecurus geniculatus*-Gesellschaft. Solche Namen sind aber sowohl bei der Arbeit im Freien, beim Aufnehmen der Bestände, bei Exkursionen und für die wissenschaftliche Arbeit wie endlich auch für die Verwertung pflanzensoziologischer Erfahrungen in der Praxis des Forst-, Straßen- und Wasserwesens unbrauchbar, weil viel zu lang. Darum hat die Pflanzensoziologie bereits seit langem den Weg beschritten, durch Anhängen der Silbe *-etum* die *Assoziation*, *-ion* den *Verband* und *-etalia* die *Ordnung* zu bezeichnen.

Seit TÜXEN (1937) setzt man — dem Vorgange der Artensystematik folgend — den Namen des Autors hinter die soziologischen Namen. Das hat trotz dagegen geäußerter Kritik den Vorteil, daß man sofort in der Literatur feststellen kann, welche Gesellschaften und mit welcher Artenkombination gemeint ist. Das ist sonst bei manchen Benennungen nicht möglich, so, wenn einem plötzlich ein *Potentilletum palustris* oder *Scirpetum silvatici* begegnet, das man, da ohne Autorenbezeichnung angeführt, für eine Neuaufstellung halten muß. Wegen der Vieldeutigkeit der deutschen Namen kann solche Namengebung allerdings immer noch besser sein, als wenn von einer *„kohldistelreichen Talfettweide"* o. ä. gesprochen wird, nur um einen deutschen Namen zu haben. Bei diesen Benennungen handelt es sich nämlich nicht um ein gutes deutsches Wort, sondern nur um schlechte Verdeutschungen, für die unsere Sprache uns zu schade sein sollte! Man kann doch in dem genannten Beispiel ebensogut nur von *„Fettweide"* sprechen und den dafür gefundenen pflanzensoziologischen Namen in Klammern setzen, denn dem Laien sagt dann „Fettweide" genug, der Fachmann aber ersieht aus dem wissenschaftlichen Namen besser, was gemeint ist, als aus solcher unglücklichen Verdeutschung.

Daneben gibt es Pflanzengesellschaften, die durch einen kurzen soziologischen Namen gut und eindeutig zu beschreiben sind, denen man aber aus Prioritätsrücksichten einen endlos langen Namen glaubte anhängen zu müssen. Wenn man z. B. den *„Seerosengürtel"* meint, so scheint es mir unnötig, von einem *Myriophylleto verticillati-Nupharetum lutei* zu sprechen, man könnte sich auf den kurzen Namen *„Nupharetum"* einigen. Irrtümer sind da ja ausgeschlossen, weil es nur eine Assoziation mit der Zusammensetzung wie der Seerosengürtel gibt. Dieselbe Verkürzung des Namens für das *See-* oder *Teichröhricht* einzuführen, also anstatt *Scirpeto-Phragmitetum* nur einfach vom *Phragmitetum* zu sprechen, halte ich dagegen nicht für korrekt, weil W. KOCH (1926) erst aus den bis dahin getrennten Gesellschaften des *Scirpetum*, *Typhetum* und *Phragmitetum* das *Scirpeto-Phragmitetum* hervorgehen ließ. Wie weit das überall berechtigt ist, läßt sich heute noch nicht übersehen, die Aufnahmen vor allem finnischer Forscher (MARISTO 1941, VAARAMA 1938 u. a.) scheinen mir zu beweisen, daß ein anderer Untergrund einzelne Bestände wie das alte *Typhetum*, *Scirpetum* oder *Phragmitetum*, ja sogar *Equisetum limosum*-Bestände begünstigt, während sie die KOCHsche Kombination des *Scirpeto-Phragmitetum* selten oder nie fanden. Ähnliches gibt auch PANKNIN (1941) von seinen uckermärkischen Seen an.

Bei dieser Gelegenheit haben wir eine Gesellschaft mit gutem deutschem Namen kennengelernt, es ist das *„Röhricht"*, das am See oder Teich zumeist ähnlich zusammengesetzt ist, aber auch an langsam strömenden Fließgewässern vorkommt (SAUER 1937, ROLL 1938). Im Gegensatz dazu herrschen im *„Bachröhricht"* Arten wie *Glyceria aquatica*, *Sparganium simplex* und *neglectum*, *Phalaris arundinacea* und andere vor, weshalb man dieses durch das vorgesetzte Bach- vom See- oder Teichröhricht unterscheidet. Auch in diesem Falle kann der pflanzensoziologische Name in Klammer hinter den deutschen Ausdruck gesetzt werden, um eine ganz korrekte Bezeichnung der Gesellschaft zu erzielen. Ähnliche gute Bezeichnungen hat man für die verschiedenen Typen des *Alnetum*, die man als *Erlenbruch-* oder *Erlenauwald* je nach den herrschenden ökologischen Bedingungen benennt. Auch sonst gibt es unter den an sich sehr wenig untersuchten Wassergesellschaften gute deutsche Namen, so sprach erst kürzlich PFEIFFER (1941) von der *„Wasserfedergesellschaft"* bei Untersuchung der *Hottonia*-Assoziation.

Sehr große Verdienste um die Einführung guter deutscher Bezeichnungen hat vor allem KÄSTNER (1941) auf dem Gebiete der *Waldsumpfgesellschaften*, ohne dabei nun die Ausschließlichkeit der deutschen Aus-

drücke zu fordern. Bei seinen Untersuchungen der Waldbach- und -quellgesellschaften Westsachsens vermeidet er z. B. den Namen Waldbachgesellschaft grundsätzlich, weil man darunter auch die Assoziationen des Wassers selbst verstehen könnte, er aber eben nur die Waldsumpfgesellschaften untersuchte. Dabei führte er diesen Namen ein und trennte als Typen den *Fichtenwaldsumpf* (*Caricetum fuscae polytrichosum communis*) und *Laubwaldsumpf* (mit Gesellschaften des neu aufgestellten *Caricion remotae*-Verbandes) ab.

Zusammenfassend darf ich hier noch einmal feststellen, daß es erstrebenswert ist, *gute, einfache* und *treffende* deutsche Namen für Pflanzengesellschaften zu finden und zu verwenden. Wo diese aber wegen zu feiner und nur dem Kenner wahrnehmbarer Unterschiede der Pflanzengemeinschaften nicht vorhanden sind, sollte man Neubildungen, die nicht kurz und treffend sind, vermeiden, vor allem dann, wenn sprachliche Ungeheuer dabei herauskommen. In soziologischen Arbeiten wäre anzustreben, neben dem deutschen Namen den pflanzensoziologisch festgelegten Namen mit Autorenangabe zu verwenden, um der Synonymengefahr gleich von Anfang an zu begegnen. Bei Beachtung dieser einfachen Grundregeln können in der Praxis ruhig verallgemeinernde Namen wie *Mischwald, Röhricht, Heide* usw. benutzt werden, sie werden in den wissenschaftlichen Aufbau der Pflanzensoziologie keine Verwirrung bringen.

Literatur.

J. Braun-Blanquet, Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Berlin 1928. — J. Braun-Blanquet u. J. Pavillard, Vocabulaire de sociologie végétale. Montpellier 1922. — A. Faber, Über Waldgesellschaften auf Kalksteinböden und ihre Entwicklung im Schwäbisch-Fränkischen Stufenland und auf der Alb. Jahresband d. dtsch. Forstver. Gr. Württemberg. Tübingen 1936. — R. Gradmann, Das Pflanzenleben der schwäbischen Alb. 3. Aufl. Stuttgart 1936. — H. Gams, Über neue Beiträge zur Vegetationssystematik unter besonderer Berücksichtigung des floristischen Systems von Braun-Blanquet. Bot. Arch. **42** (1941). — M. Kästner, Über einige Waldsumpfgesellschaften, ihre Herauslösung aus den Waldgesellschaften und ihre Neueinordnung. BBC. **61**, Abt. B 1/2, 137/207 (1941). — L. Maristo, Die Seetypen Finnlands auf floristischer und vegetations-physiognomischer Grundlage. Ann. bot. Soc. zool.-bot. fenn, Vanamo **15**, 5, 1—312 (1941). — H. Meusel, Die Vegetationsverhältnisse der Gipsberge im Kyffhäuser und im südlichen Harzvorland. Hercynia, Abh. d. Bot. Ver. Mitteldeutschlands **2**, 4, 1—372 (1939). — W. Panknin, Die Vegetationsverhältnisse einiger Seen in der Uckermark bei Joachimsthal. Biol. Bot. **102** (1941). — H. Pfeiffer, Floristisch-soziologische und vergleichend ökologische Beobachtungen an der Wasserfedergesellschaft und verwandten Assoziationen. BBC. **61**, Abt. B., 124—136 (1941). — H. Roll, a) Die Pflanzengesellschaften ostholsteinischer Fließgewässer. Arch. f. Hydrobiol. **34**, 2, 202 (1938) — b) Das Phalaridetum arundinaceae Libbert in Holstein. Feddes Rep. **1938**, Beih. 101 — Die Anwendung pflanzensoziologischer Methoden in der Limnobotanik. Arch. f. Hydrobiol. **1941** (im Druck). — G. Schlenker, Die natürlichen Waldgesellschaften im Laubwaldgebiet des Württembergischen Unterlandes. Veröff. d. Württ. Landesstelle f. Naturschutz **15**. Stuttgart 1939. — R. Tüxen, Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. Mitt. d. florsoz. Arbeitsgemeinschaft in Niedersachsen **3**. Hannover 1937. — A. Vaarama, Wasservegetationsstudien am Großsee Kallavesi. Ann. bot. Soc. zool.-bot. fenn. Vanamo **13**, 1. Helsinki 1938.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

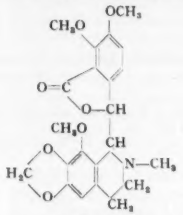
Narcotin, ein Mitosegift.

Im Rahmen unserer Untersuchungen über die Abhängigkeit der Mitosegiftwirkung von der Konstitution chemischer Faktoren haben wir eine Reihe von Alkaloiden in der Gewebekultur an Hühnerherzfibroblasten auf ihre Wirkung geprüft. Von den bisher untersuchten Alkaloiden erwies sich allein das Narcotin (Formel I) als ein Hemmstoff der Zellteilung. Neben dem Colchicin ist Narcotin das zweite Alkaloid mit einer Mitosegiftwirkung. Mengenmäßig steht es dem Colchicin aber in seiner Wirkung weit nach. Die untere Grenze, bei der im 24-Stunden-Versuch noch eine Mitosegiftwirkung erkannt werden kann, liegt bei 25 γ/ccm Narcotinhydrochlorid. Geringere Mengen haben keinen Einfluß auf Zellteilung und Wachstum, in Mengen von 40 bis 100 γ/ccm ist die Mitosegiftwirkung besonders ausgeprägt, in noch größeren Mengen auch vorhanden, jedoch ist dann

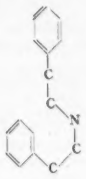
Fig. 1. Hühnerherzfibroblasten bei Gegenwart von 40 γ/ccm Narcotinhydrochlorid, 240fache Vergrößerung.

Fig. 2. Hühnerherzfibroblasten in normalem Nährmedium, nach Heidenhain gefärbt, 120fache Vergrößerung.

schon die Entwicklung der Kulturen stark gehemmt. Setzen wir nach LUDFORD[1]) die untere Grenze der Wirksamkeit von Colchicin an der Gewebekultur zu 0,01 γ/ccm an, so ist das Narcotin etwa 2500mal schwächer wirksam als Colchicin und 5—6mal schwächer wirksam als α-Phenyl-β-(p-methoxyphenyl)-äthylamin[2]). Vergleichsweise, allerdings nach anderen Testobjekten, ist Trypaflavin 10mal[3]) und Natriumkakodylat 1200mal[4]) schwächer wirksam als Colchicin. An anderer Stelle[5]) wurde das Verhältnis der Wirksamkeiten von Natriumkakodylat zu Colchicin unrichtig zu 1 : 30 angegeben, was hiermit berichtigt sei. Narcotin ist also ein schwaches Mitosegift, das gegenüber den bisher bekannten keinen Vorteil, etwa für therapeutische Zwecke, bietet. Zu den Wirkungen des Narcotins vgl. Fig. 1—3.



I. Narcotin.



II.

Für die weitere chemische Bearbeitung kommt dem hier beschriebenen Befund trotz der geringen Wirksamkeit des Narcotins eine gewisse Bedeutung zu, da hiermit zum erstenmal ein Isochinolinderivat als Mitosegift festgestellt ist. Die Beziehung zu den bisherigen Untersuchungen liegt

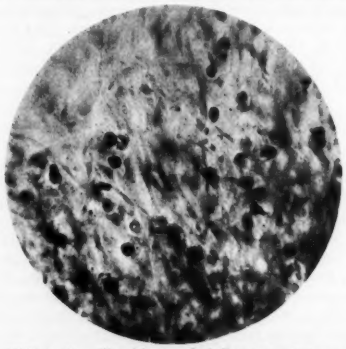


Fig. 3. Hühnerherzfibroblasten bei Gegenwart von 45 γ/ccm Narcotinhydrochlorid, nach HEIDENHAIN gefärbt, 120fache Vergrößerung.

darin, daß wie in den Mitosegiften vom Colchicintyp[5]) auch im Molekül des Narcotins die Gruppierung Benzolkern—Kohlenstoff—Kohlenstoff—Stickstoff enthalten ist; diese Gruppierung ist sogar zweimal vorhanden (vgl. Formel I und II). Im Narcotin fungiert das Stickstoffatom jedoch als Ringglied und ist in den hydrierten Isochinolinring eingebaut. Dieser neugefundene Typus macht die Untersuchung von Isochinolinalkaloiden und Isochinolinderivaten notwendig und gibt Veranlassung zur Darstellung und Untersuchung einfacherer synthetischer Stoffe mit ähnlichen Gruppierungen.

Berlin, Allgemeines Institut gegen die Geschwulstkrankheiten im Rudolf-Virchow-Krankenhaus, den 12. Februar 1942. HANS LETTRÉ. MARIANNE ALBRECHT.

[1]) Arch. exper. Zellforsch. 18, 411 (1936).
[2]) H. LETTRÉ, M. ALBRECHT u. H. FERNHOLZ, Naturwiss. 29, 390 (1941).
[3]) H. LETTRÉ, Hoppe-Seylers Z. 271, 192 (1941).
[4]) DUSTIN, Bull. Acad. Méd. Belg. Brux. 14, 487 (1934). — LITS, C. r. Soc. Biol. Paris 115, 1421 (1934).
[5]) H. LETTRÉ, Naturwiss. 30, 34 (1942).

Organische Kieselsäureverbindungen.

II. Mitteilung

Über den Nachweis organischer Kieselsäureverbindungen in Staublungen.

Bei der Untersuchung der Ursachen der Kieselsäurewirksamkeit im Zusammenhang mit den Erkrankungen an Silikose bzw. Asbestose ist bisher die Möglichkeit der Bildung organischer Kieselsäureverbindungen weitgehend unberücksichtigt geblieben.

Auf Grund von Untersuchungen an organischen Kieselsäureverbindungen[1]) wurde jedoch von Verf. die Vermutung geäußert, daß gerade diesen Verbindungen bei der Silikose und ähnlichen Erkrankungen eine besondere Bedeutung zukommt, und zwar insbesondere hinsichtlich der verstärkt auftretenden Bindegewebswucherungen. Bindegewebe enthält stets Kieselsäure[2]), und zwar dürfte der Kieselsäure hierbei eine ähnliche Funktion zukommen, wie sie von BAURMANN und THIESSEN[3]) beim Glaskörper des Auges beobachtet wurde, durch den Einbau von Strukturelementen. Die Aschenbestimmung am Glaskörper des Auges[2]) hatte einen Kieselsäuregehalt von 0,14 % ergeben. Bei synthetischen organischen Kieselsäureverbindungen konnte dieser Nachweis sehr deutlich geführt werden, da die Eigenschaften der Kieselsäure die Bildung von derartigen Strukturelementen außerordentlich begünstigt[1]).

Durch Vergleich mit anderen, ebenfalls organische Kieselsäureverbindungen enthaltenden Körpern, wie Vogelfedern, die Kieselsäureester des Cholesterins[4]) und seiner Homologen enthalten, konnte durch DEBYE-SCHERRER-Aufnahmen von Präparaten silikotischer Lungen einwandfrei das Vorhandensein organischer Kieselsäureverbindungen nachgewiesen werden.

Die Möglichkeit zur Bildung von Cholesterinkieselsäureestern in der Lunge ist nun schon durch den hohen Cholesteringehalt des Blutes gegeben. Die Leichtigkeit einer solchen Esterbildung konnte experimentell durch Umesterung von Äthylsilikat mit Cholesterin gezeigt werden.

Obwohl anzunehmen war, daß in der Lunge nur relativ wenig Orthokieselsäureester gegenüber Polykieselsäureestern, und sicher keine reinen, sondern Mischester[1]) vorhanden sein werden, haben wir silikotische Lungen mit Alkohol-Äther extrahiert und die aus dem Extrakt gewonnene Substanz untersucht. Zu Vergleichszwecken wurden Gänsefedern unter den gleichen Bedingungen extrahiert und die aus den Extrakten erhaltenen Substanzen miteinander verglichen. DRECHSEL und K. WINOGRADOW[4]) hatten aus den Gänsefedern eine Substanz isoliert, die sie als den Orthokieselsäureester eines dem Cholesterin homologen zweiwertigen Alkohols ansprachen.

Im Gegensatz zu den Röntgendiagrammen von O. H. SWEANY, R. KLAAS und G. L. CLARK[5]), die getrocknete, pulverisierte Lungenpräparate aufnahmen, wurden direkt mit kleinen, aus der Lunge geschnittenen Stäbchen DEBYE-SCHERRER-Aufnahmen gemacht[6]). Die Diagramme der aus dem Alkohol-Äther-Extrakt einer unpräparierten, schwer silikotischen Lunge bzw. aus Gänsefedern erhaltenen Substanz zeigten weitgehende Übereinstimmung mit einer entsprechenden Lungenaufnahme. Bei dieser treten zusätzlich noch, wenn auch sehr schwach, einige Interferenzen des eingeatmeten und nicht völlig von der Lunge angelösten bzw. zu Orthoverbindungen abgebauten Staubes auf[7]), die naturgemäß in Alkohol-Äther-Extrakten fortfallen. In jedem Fall ist die Übereinstimmung der Lungendiagramme (ohne die Staubinterferenzen) mit den extrahierten Substanzen aus der Lunge und den Gänsefedern auffallend.

Die Kieselsäurebestimmungen ergaben die in der Tabelle angeführten Werte:

Kieselsäurebestimmungen:

Extrakt aus Gänsekielen		
	I. Extraktion . . .	1,61 % Si
	II. „ . . .	1,46 % „
	II. „ . . .	1,38 % „
	II. „ . . .	1,59 % „
	II. „ . . .	1,24 % „
Lunge (schwere Silikose) $B\,II_1$		
	I. Extraktion . . .	1,57 % Si

Lunge (schwere Silikose) B II_2		
I. Extraktion	2,88 %	Si
II. Extraktion	3,05 %	„
II. „	2,59 %	„
II. „	3,14 %	„
II. „	1,87 %	„
Lunge (schwere Staublunge) W_1I_1		
I. Extraktion	0,55 %	Si
I. „	0,21 %	„
I. „	0,85 %	„
I. „	0,23 %	„
I. „	0,23 %	„

Der theoretische Si-Wert der nach DRECHSEL berechneten Substanz wäre 1,38 %, doch dürfte dieser Wert kaum richtig sein, da, wie auch schon von anderer Seite angenommen worden ist, keine einheitliche Substanz vorliegt, sondern ein Gemisch von Estern verschiedener hochmolekularer Alkohole, die zum Teil aus Cholesterin und seinen Abbauprodukten bestehen dürften. Neben den Estern konnte sowohl in den Gänsekiel- wie Lungenextrakten freies Cholesterin nachgewiesen werden. (Dem Orthoester des Cholesterins $Si(C_{27}H_{45}O)_4$ würde ein Si-Gehalt von 1,79 % entsprechen.)

Die in der Tabelle unter Lunge B II angeführten Werte beziehen sich auf eine nichtfixierte Lunge[6]), die im Gegensatz zu den angeführten fixierten Lungen einen auffallend hohen Si-Wert zeigt, was bei künftigen Untersuchungen berücksichtigt werden muß.

Die vorstehenden Versuche wurden hauptsächlich deswegen durchgeführt, um nachzuweisen, daß in der Lunge die gleichen Kieselsäureverbindungen entstehen können bzw. vorhanden sind, wie sie die Natur in anderen Organen, z. B. Vogelfedern, zu bilden vermag.

Über die Eigenschaften dieser organischen Kieselsäureverbindungen konnten auf Grund von Untersuchungen mit einfachen organischen Substanzen Aussagen gemacht werden. Hierbei ist die Tatsache besonders zu berücksichtigen, daß die Kieselsäure, ausgehend von der Orthokieselsäure $Si(OH)_4$, mit den 4 OH-Gruppen stark vernetzend wirken kann. Wie stark diese vernetzende Wirkung der Kieselsäure ist, konnte z. B. in Versuchen nachgewiesen werden, bei denen unter bestimmten Versuchsbedingungen in einem Gemisch organischer Alkohole (Glycerin-Äthylalkohol) durch Zugabe und Verseifung von Äthylsilikat im Verlauf mehrerer Monate noch mit einem Si-Gehalt von 0,003 Mol.-% eine Gelatinierung erhalten werden konnte.

Die Untersuchungen wurden zum Teil unter Mithilfe von Frau Dipl. chem. KERNER und Herrn LACHENMAYR durchgeführt.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Stifterverband der Deutschen Forschungsgemeinschaft bin ich für die Förderung der Untersuchung durch die Gewährung der Mittel für meine Mitarbeiter zu großem Dank verpflichtet.

Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Silikatforschung, den 2. März 1942. LUISE HOLZAPFEL.

[1]) Ausführliche Einzelheiten folgen an anderer Stelle.
[2]) H. SCHULZ, Pflügers Arch. **84**, 99 (1901).
[3]) BAURMANN u. THIESSEN, Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-physik. Kl. 1922.
[4]) E. DRECHSEL, Zbl. Physiol. **11**, 361 (1897).
[5]) O. H. SWEANY, R. KLAAS u. G. L. CLARK, Radiology **31**, 299 (1938).
[6]) Die Lungen waren freundlicherweise von Herrn Prof. WAETGEN-Halle und Herrn Dr. DI BIASI zur Verfügung gestellt worden. Die letzteren zum Teil kaum fixiert, um etwaige Gewebeveränderungen bezüglich der organischen Kieselsäureverbindungen zu verhindern.
[7]) Die Ausschaltung dieser Staubinterferenzen konnte nur durch zahlreiche Röntgenaufnahmen erreicht werden, bei denen Strahlung, Belichtungszeit usw. variiert wurden, über die ausführlich berichtet werden wird. Für die Möglichkeit zur Durchführung eines Teiles dieser Aufnahmen im Phys.-Chem. Institut der Universität bin ich Herrn Prof. GÜNTHER zu großem Dank verpflichtet.

Besprechungen.

v. LAUE, M. **Röntgenstrahl-Interferenzen.** (Physik und Chemie in Einzeldarstellungen, Bd. VI.) Leipzig: Akadem. Verlagsgesellschaft Becker & Erler Kom.-Ges. 1941. VIII, 367 Seit., 120 Fig. u. 1 Ausschlagstafel. Preis brosch. RM 30.—, geb. RM 32.—.

Die traditionelle Darstellung der Röntgenstrahl-Interferenzen in Lehr- und Handbüchern nimmt gewöhnlich ihren Ausgang von den Grundtatsachen der Kristallographie, entwickelt die geometrische (wellenkinematische) Theorie der Röntgenstrahlinterferenzen und leitet schließlich, da die Grundlagen der geometrischen Theorie alsbald die physikalische Kritik herausfordern, zur sog. dynamischen (EWALD-DARWINschen) Theorie mit ihren mannigfaltigen Anwendungen über. Von Atomtheorie im modernen Sinne, also Wellenmechanik, ist dabei meist nicht allzuviel die Rede; allenfalls werden „Ausblicke" auf die moderne Atomphysik gegeben in dem Bestreben, die allzu schematischen Bilder der klassischen Theorie — das punktförmige Dipol-Modell des Atoms — nachträglich durch die physikalisch entwickelteren wellenmechanischen Vorstellungen des Atoms zu ergänzen und so einen besseren Anschluß an die Erfahrungstatsachen (z. B. der Atomformfaktoren, der Dispersionserscheinungen der Röntgenstrahlen in der Nähe von Absorptionskanten usw.) zu gewinnen. Man kann sich dabei dem Eindruck nicht entziehen, daß das wellenmechanische Bild des Atoms der Theorie gewissermaßen nur aufgepfropft, nicht eigentlich organisch mit ihr verwachsen ist (vgl. z. B. P. P. EWALD, GEIGER-SCHEELsches Handbuch der Physik **23**/2). Die Berechtigung solcher Darstellungen wird niemand in Abrede stellen wollen; folgen sie doch im wesentlichen der historischen Entwicklung und führen die Theorie der Röntgeninterferenzen in mehr oder weniger lückenlosem Aufbau bis zur dynamischen Theorie vor, diesem Meisterstück klassischer Physik. In der Tat sind ernsthafte Versuche, die Theorie der Röntgenstrahlinterferenzen mit wellenmechanischen Methoden zu begründen, verhältnismäßig jungen Datums. Nachdem zunächst v. LAUE (1931) die dynamische Theorie dadurch den modernen atomphysikalischen Vorstellungen anzupassen versucht hat, daß er die von EWALD u. a. als punktförmig angenommenen dipolartigen Streuzentren durch eine 3fach periodische, kontinuierlich veränderliche Dielektrizitätskonstante ersetzte, haben in der Folge besonders M. KOHLER (1935) und G. MOLIÈRE (1939) in grundlegenden Arbeiten den LAUEschen Ansatz wellenmechanisch zu unterbauen gewußt.

Damit aber ist eine neue Situation geschaffen. Die Lehre von den Interferenzerscheinungen in Kristallen und die moderne Theorie des Atoms stehen sich nicht mehr wie bisher mehr oder weniger beziehungslos gegenüber, sondern lassen sich zu einer Einheit verschmelzen. In der physikalischen Literatur kam dies bisher kaum zum Ausdruck. Diese Kluft will das LAUEsche Buch überbrücken. Es bezeichnet sich selbst als einen Brückenbau zwischen zwei Uferpfeilern, der Kristallographie und der Wellenmechanik. Und zwar soll dieser Brückenbau so lückenlos wie nur möglich ausgeführt werden. Hier will der Verf. dem Leser nichts schenken, auch keine langwierigen mathema-

tischen Beweise, wenn sie nötig sind. „Denn nichts wirkte auf unsere Wissenschaft verheerender, als wenn sich der Physiker gewöhnte, zu *glauben*, wo Beweise erforderlich und möglich sind. Dieses Buch will eben *überzeugen*, nicht als ob es lauter unumstößliche Wahrheit enthielte, wohl aber davon, daß die heutige physikalische Erkenntnis, leidlich folgerichtig durchgeführt, zu den hier dargelegten Erkenntnissen führt."

Nach einer knappen Darlegung der Grundtatsachen der Röntgenstrahlung unter dem dualistischen Aspekt elektromagnetische Wellenstrahlung — Quantenstrahlung in einem einleitenden Kapitel wendet sich der Verf. im folgenden, zweiten Kapitel zunächst der Streuung von Röntgenstrahlen an einzelnen Atomen, sodann an Molekülen (DEBYE) und in Flüssigkeiten (I. A. PRINS) zu. Der Anlage des Buches entsprechend, wird die Streuung am einzelnen Atom mit verhältnismäßig großer Ausführlichkeit behandelt; wir stehen gewissermaßen schon mitten im Thema. Nach der Herleitung der THOMSONschen Streuformeln und des Interferenzeffektes der Elektronen eines Atoms nach der klassischen Theorie (DEBYE) erörtert der Verf. sogleich die wellenmechanische Theorie der Streuung — zunächst für das Gebiet normaler Dispersion — und die durch die stetig verteilte Ladungsdichte im Schrödinger-Atom (nach Projektion der hochdimensionalen Dichte in den Anschauungsraum) bedingten Atomformfaktoren. Ein besonderer Abschnitt (§ 6) ist der numerischen Berechnung der Atomfaktoren (nach THOMAS-FERMI und HARTREE) sowie dem Vergleich mit den Beobachtungen (von G. HERZOG, R. W. JAMES und G. W. BRINDLEY, E. O. WOLLAN u. a.) gewidmet. Sodann aber wird die Theorie der Atomfaktoren konsequent als Problem der quantenmechanischen Dispersionstheorie aufgefaßt (SCHRÖDINGER-WALLERsche Dispersionstheorie) und dementsprechend der Verlauf auf der Dispersionskurve in der Nähe der Absorptionskanten und zwischen ihnen berechnet (§ 7).

Das dritte Kapitel fundiert den anderen Uferpfeiler, auf den sich das Gebäude der Theorie stützen soll: Es handelt von der geometrischen Theorie der Röntgenstrahlinterferenzen an Kristallen. Dieses Kapitel wird zunächst durch eine schöne knappe Schilderung der historischen Entwicklung unserer Vorstellungen vom atomaren Aufbau der Kristalle und der mathematischen Theorie der Kristallklassen eingeleitet. Der Leser erfährt hier, besonders auch in den Anmerkungen zum Text, manche vielleicht weniger bekannte Einzelheit. Die folgenden Abschnitte bringen sodann das notwendige mathematische Rüstzeug, ohne welches ein Verständnis der Raumgitterinterferenzen nicht möglich wäre, wie reziprokes Gitter, die Fourier-Analyse von Gitterfunktionen, den Strukturfaktor, die Interferenzbedingungen, die EWALDsche Konstruktion der Ausbreitungskugel im reziproken Gitter, den „Kossel-Kegel" (diese Bezeichnung wird hier vorgeschlagen) u. a. Anschließend werden dann die wohlbekannten Beobachtungsverfahren auseinandergesetzt. Selbstverständlich fehlt hier auch nicht ein illustratives Beispiel für die Struktur-Fourier-Analyse im Sinne der (zuerst bei W. H. BRAGG ausgesprochenen) Erkenntnis, daß röntgenographische Sturkturbestimmung Fourier-Analyse der Elektronendichte im Kristallgitter ist. Ein Abschnitt über Lorentz-Faktoren beschließt dieses Kapitel. Das vierte Kapitel ist der Fortsetzung der Interferenztheorie unter Berücksichtigung der Gitterstörungen gewidmet. Es umfaßt die Interferenzen an Mischkristallen, den Einfluß der Temperaturschwingungen des Gitters (DEBYE-Faktoren), die Extinktion der Röntgenstrahlen im einheitlichen und Mosaikkristall. Besondere Sorgfalt wird u. a. der Diskussion der Beobachtungen über den Temperatureinfluß gewidmet. Hierbei interessiert vor allem die Frage der Nullpunktsunruhe des Gitters, welche die Wellenmechanik voraussagt und die sich in den Strukturamplituden tiefgekühlter KCl-Kristalle recht eindeutig zu erkennen gibt.

Das fünfte Kapitel endlich führt den einleitend erwähnten Brückenbau aus; es darf somit wohl als das eigentliche Kernstück des LAUEschen Buches bezeichnet werden. Sein Gegenstand ist die dynamische Theorie der Röntgeninterferenzen; aber es bringt Neues und Ungewohntes. Nachdem die Notwendigkeit der Erweiterung der geometrischen zur dynamischen Theorie auch durch das Experiment gefordert wird (§ 25) — durch die „Aufhellungslinien" und die RENNINGERsche Entdeckung der „Umweganregung" an Diamant (1937) — wird in den folgenden Abschnitten die dynamische Theorie systematisch entwickelt (§ 26ff.). Hier ist aber nicht mehr von punktförmigen Dipolen als Streuzentren die Rede — wie in EWALDs ursprünglicher Begründung der dynamischen Theorie — vielmehr operiert die neue Form der dynamischen Theorie von vornherein mit einer kontinuierlichen Verteilung der Ladungs- und Stromdichte und einer 3fach periodischen Dielektrizitätskonstanten im Kristall [siehe auch M. v. LAUE, Erg. exakt. Naturwiss. **10**, 133 (1931)]. Es ist das Verdienst von M. KOHLER, auf Grund der Wellenmechanik gezeigt zu haben, daß die Annahme einer derartigen Dielektrizitätskonstanten und die Zuhilfenahme der MAXWELLschen Gleichungen für den so schematisierten Kristall einen angemessenen Ausgangspunkt für eine dynamische Theorie der Röntgeninterferenzen bilden — so lange nämlich, als man sich im Gebiet der normalen Dispersion der Röntgenstrahlen befindet (Berl. Ber. **1935**, 334). Von dieser Basis ausgehend, lassen sich dann alsbald die Grundgleichungen der dynamischen Theorie gewinnen; sie unterscheiden sich übrigens von der Form, die ihr EWALD und WALLER gegeben haben, nur wenig und enthalten diese als Spezialfall. Damit ist man dann in bekanntem Fahrwasser, und die Anwendung der allgemeinen Formeln auf spezielle Fälle und ihre geometrische Diskussion erfolgt mit gewohnter Eleganz (einfache und mehrfache, insbesondere zwei Wellenfelder im Kristall; Binnen- und Band- bzw. Reflexionsproblem). Hervorhebung verdient auch § 29, in welchem die Abweichungen vom BRAGGschen Gesetze gemäß der dynamischen Theorie mit den Präzisionsmessungen, insbesondere der SIEGBAHNschen Schule, verglichen werden. Äußerste Verfeinerung des Experiments und der Theorie gehen hier einen edeln Wettstreit ein, ergänzen und stützen einander. Hier wird auch die atomphysikalisch grundsätzlich wichtige Frage nach dem Präzisionswert der elektrischen Elementarladung gestreift und in der schließlich gesicherten Übereinstimmung des verbesserten MILLIKANschen e-Wertes $(4{,}796 \pm 0{,}005) \cdot 10^{-10}$ e. s. E. von 1938 mit dem röntgenspektroskopischen Wert $e = 4{,}805 \cdot 10^{-10}$ e. s. E. von BÄCKLIN, BEARDEN und SÖDERMAN von 1935 (auf Grund „absoluter" Bestimmung der Röntgenwellenlänge) gewiß mit Recht wohl der stärkste Beweis für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Theorie der Röntgeninterferenz erblickt. Überzeugung und Temperament des Verf. kommen dabei treffend zum Ausdruck in dem lakonischen Satz: „Präzisionsmessungen bilden das Gewissen der Physik." — Eine mathematische Erweiterung der bisherigen Theorie bringt u. a. § 31, wo der Vergleich mit der geometrischen

Theorie vollständiger als bisher durchgeführt wird. Schließlich wird bei der Behandlung der dynamischen Theorie für die Nähe einer Absorptionskante nochmals ein Zurückgreifen auf die Grundlagen der Theorie nötig (§ 33). Die Vorarbeit hierzu hat G. MOLIÈRE geleistet. Es zeigt sich, daß auch der für die anormale Dispersion verantwortliche „Resonanzanteil" der durch das Röntgenwellenfeld induzierten Stromdichte, welchen KOHLERS Theorie zunächst vernachlässigt hat, sich in geschlossener Form in die dynamische Theorie einarbeiten läßt. Dabei ergibt sich nochmals eine Verallgemeinerung der dynamischen Grundgleichungen. In prinzipieller Hinsicht ist bemerkenswert, daß die in den Grundgleichungen auftretenden Koeffizienten sich im Gebiet der anormalen Dispersion nicht mehr als Fourierkoeffizienten eines als einfache Ortsfunktion aufzufassenden Streuvermögens darstellen lassen, sondern daß an Stelle dieses Streuvermögens ein tenosorischer Integralkern tritt, welcher eine Integration über den ganzen Kristall, praktisch jedoch nur über ein Gebiet von der Größenordnung der Atomdimensionen fordert. Auch das Problem der Atomformfaktoren, welches in Kapitel II nur für das isolierte Atom behandelt worden ist, erfährt von hier aus eine neue Beleuchtung. Man kann wohl sagen, daß sich die dynamische Theorie der Röntgeninterferenzen als eine konsequente Übertragung der kohärenten Streuung gemäß der WALLERschen Dispersionsformel vom einzelnen Atom auf das Elektronensystem des ganzen Kristalls auffassen läßt. Der letzte Abschnitt des Textes behandelt den Kossel-Effekt der aus einem Punkte im Innern des Kristalls kommenden charakteristischen Strahlung und führt diesen mittels des Reziprozitätssatzes der Optik auf den umgekehrten Vorgang einer von außen in den Kristall eindringenden Strahlung zurück; die Einzelheiten des Kossel-Effektes ergeben sich dann zwangsläufig aus der dynamischen Theorie (§ 34).

Einige dem Werke beigegebene kurze Nachträge erleichtern die Übersicht und den Gebrauch des Werkes; bemerkenswert ist vor allem die Geschichtstafel für die in dem Buche berührten Teile der Physik.

Das LAUEsche Buch führt eindrucksvoll vor Augen, ein wie weiter und oft verzweigter Weg es doch ist von der einfachen grundlegenden Idee (der Röntgenstrahlinterferenzen) bis zur reifen entwickelten Theorie; es liefert für diese auch von anderen Gebieten der Physik wohlbekannte Tatsache geradezu ein Musterbeispiel. Im vorliegenden Falle wird dieser Weg durch die experimentelle und theoretische Arbeit einer ganzen Physikergeneration gekennzeichnet. Die Wissenschaft aber wird M. VON LAUE Dank wissen, daß er ihr nicht nur den genialen Grundgedanken geschenkt hat, sondern nunmehr auch das mit größter Werktreue ausgeführte Werk, das gleich einem Ariadnefaden durch das Labyrinth zahlreicher und oft schwer zugänglicher oder lesbarer Einzelveröffentlichungen hindurchführt, die Fülle der geleisteten Arbeit erst gliedert und zusammenschauen läßt zu einer umfassenden physikalischen Theorie.

Die Ausstattung des Buches und die Wiedergabe der zahlreichen Photogramme ist trotz der Zeitumstände vorzüglich. H. HÖNL.

GERTH, H., **Geologie Südamerikas** (Geologie der Erde. I. Bd., 3. Teil. Herausg. von E. KRENKEL.) 614 S., 28 Textabbild. und 15 Tafeln. Berlin: Borntraeger 1941. Preis br. RM. 20.40, kompl. geh. RM. 62.—.

Der dritte Teil und damit der Schluß des ersten Bandes der GERTHschen „Geologie Südamerikas" behandelt die Ablagerungen der Tertiärzeit, nachdem die älteren Formationen ihre Darstellung in den ersten beiden Teilen gefunden hatten. Der Abschluß des dritten Teiles hat sich verzögert, denn die zu berücksichtigende Literatur war gerade in den letzten Jahren in Verbindung mit der Erschließung der Erdöllagerstätten in Venezuela, Trinidad, Kolumbien, Ekuador, Bolivien und Argentinien gewaltig angewachsen. Es ist hinzugekommen, daß dem Verf. Gelegenheit gegeben worden war, das ihm bis dahin persönlich nicht bekannte Tertiär Venezuelas und Kolumbiens aus eigener Anschauung kennenzulernen, was der Darstellung natürlich in großem Maße zugute gekommen ist. Der vorliegende dritte Teil des Gesamtwerkes wird ein besonderes Interesse in allen am Erdölbergbau interessierten Kreisen finden, da das Erdöl Südamerikas fast ausschließlich an die tertiären Sedimente gebunden ist. Aber darüber hinaus behandelt er diejenigen Zeiten, in denen sich die Hauptgebirgsbildungen in nicht unbeträchtlichen Teilen der Anden abgespielt haben. Wenn von diesen Dingen in zusammenfassender Weise auch erst im zweiten Band der „Geologie Südamerikas" gesprochen werden soll, so wird doch schon jetzt das Material zusammengetragen, das die Unterlage für die Beurteilung des jüngsten Werdeganges des Andensystemes bildet und in dem sich dieser Werdegang widerspiegelt.

Zu begrüßen ist, daß in einem Schlußkapitel die neuesten Forschungsergebnisse behandelt worden sind, die das, was im ersten und zweiten Teil des ersten Bandes über die älteren Formationen gesagt worden war, ergänzen. Damit liegt nunmehr ein Gesamtwerk vor, das, mag es in seinen älteren Teilen auch schon eine Reihe von Jahren zurückliegen, doch in seiner Gesamtheit dem heutigen Stande des Wissens über die Formationskunde Südamerikas voll entspricht.

Der Fernerstehende, der vielleicht nur an den großen Endergebnissen der Erforschung der Erdrinde und ihrer Gebirgssysteme Interesse hat, ist geneigt, den Wert der unendlich mühseligen Kleinarbeit, die in der Erforschung der einzelnen Schichtfolgen liegt, zu unterschätzen. Und doch können solcherlei Darlegungen nicht gründlich genug sein als Unterlage für ein befriedigendes Bild der *zeitlichen* Entwicklung eines Gebirgssystems, ohne das Gebirgssynthesen nicht recht denkbar sind. Das gilt sogar für Gebiete, in denen so ziemlich alles Material kristallin geworden ist, so daß die Formationsforschung sich nicht mehr auf die bei den Umwandlungsprozessen verlorengegangenen organischen Reste gründen kann, sondern nach rein petrographischen Gesichtspunkten und gestützt auf die Erfahrungen aus jüngeren Gebirgen mit noch mehr oder weniger unverändertem Gesteinsbestande erfolgen muß. In diesem Sinne müssen auch diejenigen, die sich so gern nur in den allgemeineren Problemen des Erdbaues bewegen und wohl auch nicht die Zeit und vielleicht auch nicht die Lust und das Verständnis haben, in die stratigraphischen Details einzudringen, für die große Genauigkeit dankbar sein, mit der der Verf. der „Geologie Südamerikas" zunächst einmal die stratigraphischen Unterlagen behandelt hat, wobei er sich, ebenso wie in seinen älteren paläontologisch-stratigraphischen Spezialmonographien, z. B. solchen über Argentinien, als Meister bewährte. H. STILLE.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Springer-Verlag in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.